



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

FERNANDO HENRIQUE DE ARGOLO CARVALHO

**VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *Hemigrammus marginatus* Ellis,
1911 (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) EM DIFERENTES BIOMAS
NO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO**

São Cristóvão

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

FERNANDO HENRIQUE DE ARGOLO CARVALHO

**VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *Hemigrammus marginatus* Ellis,
1911 (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) EM DIFERENTES BIOMAS
NO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Sergipe, para obtenção do título de Bacharel em Ecologia, sob a orientação da Prof^a. Dra. Renata Bartolette de Araujo.

São Cristóvão
2018

Agradecimentos,

À Universidade Federal de Sergipe e ao Departamento de Ecologia, onde vivi intensamente todas as oportunidades que tive, e pude amadurecer ainda mais pessoal e profissionalmente. À Fapitec (EDITAL FAPITEC/SE /FUNTEC/MCT/CNPq Nº 03/2013 - Bolsa DCR8647.DCR 321.22646.30122013) pelo financiamento parcial do projeto.

À Deus todo poderoso criador do céu e da terra. Não poderia começar sem agradecer a ele que nos momentos mais difíceis esteve e estará sempre presente me fortalecendo, juntamente com Nossa Sr^a Aparecida que me ilumina e me guia por onde quer que eu vá.

Aos meus pais queridos que a muito tempo vem investindo e apostando alto em mim. Essa conquista considero muito mais de vocês e é o mínimo de retribuição e retorno que poderia te dar, não vou cansar de te agradecer. A Maria minha segunda mãe que esteve presente em todas as fases de minha vida, nos ajudando. A Fernanda minha irmã na qual tenho muito orgulho e inspiração.

Aos meus avós paternos Ioiô e Helena (in memoriam) que nunca os esquecerei. Aos meus avós maternos Argolo, Dinalva e Neném. Aos meus tios, primos que tenho certeza que estiveram sempre na torcida, saibam que tenho um carinho especial por cada um de vocês. Aos meus padrinhos Henrique e Andréa.

A família Hora Evangelista que graças a Iris me recebeu, deu apoio, incentivo e suporte em Aracaju, muito obrigado!

À Tereza pessoa ímpar, conselheira, amiga que está sempre disponível a ajudar.

A todos os meus amigos (Binho, Diogo, Eric, Huguinho, James, Joaquim, Juarez, Laércio, Marquinhos, Milico, Vaninho, Vinicius...) (Erine, Jessica, Kary, Simara, Vanessa) e todos os outros que não citei.

Aos meus colegas turma de 2013.1 em especial a José Washington, Helberson, Léo e Regina. A turma de 2014.1. Galdênia, André, Italy, Alice, Luiza, Vitor, e Breno...

Ao pessoal do Laboratório de Ictiologia da UFS, que muito mais que colegas de trabalho se tornou verdadeiros amigos (Danillo, Thiago, Pedro, Debora, Jamille, Jefferson, Rosana, Milena). Ao pessoal da CODEVASF (Marcos, Vanessa, Binho, Vadinho).

Aos meus orientadores (Marcelo e Renata) aos professores Laura Jane, Adriana, e Renato por além de contribuírem com o meu aprendizado, estiveram sempre presentes, dentro e fora da sala de aula. A todos os funcionários terceirizados que tive convívio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
2.1 Geral	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Área de Estudo e dados abióticos	10
3.3 Levantamento de dados reprodutivos	12
3.4 Morfometria geométrica	12
3.5 Análise de dados	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONCLUSÃO	18
6. REFERÊNCIAS	19
ANEXO 1	25

Lista de Figuras

Figura 1. Exemplar de <i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis 1911.	8
Figura 2. Mapa com indicação das localidades de coleta (pontos pretos) na Caatinga e Mata Atlântica, com destaque em vermelho a região do Ecótono no Baixo rio São Francisco.	11
Figura 3. Coleta de peixes no Baixo São Francisco utilizando arrasto manual.	12
Figura 4. Local e estrutura onde as imagens foram registradas.	13
Figura 5. Distribuição dos marcos anatômicos homólogos ao longo do corpo de <i>Hemigrammus marginatus</i>	14
Figura 6. Análise de cluster incluindo sete pontos amostrados e 11 características ambientais. Localidades: (1) UHE – Xingó; (2) Curralinho; (3) Niterói; (4) Ilha do Ouro; (5) Gararu; (6) Amparo; e (7) Propriá.	16
Figura 7. Agrupamento de fêmeas (a) e machos (b) de <i>Hemigrammus marginatus</i> por ponto de coleta no Baixo São Francisco de acordo com os eixos cartesianos estabelecidos pelas variáveis canônicas (CV1, CV2). Localidades: (1) UHE – Xingó; (2) Curralinho; (3) Niterói; (4) Ilha do Ouro; (5) Gararu; (6) Amparo; e (7) Propriá.	16
Figura 8. Análise de função discriminante (DFA) quanto à forma de fêmeas (vermelho) e machos (azul) de <i>Hemigrammus marginatus</i> para evidenciar dimorfismo sexual.	18

Lista de Tabelas

Tabela 1. Descrição dos pontos de coleta de acordo com o bioma, localidade, município e coordenadas geográficas do Baixo rio São Francisco, Sergipe, Brasil. Caatinga (CA); Ecótono (ECO); Mata Atlântica (MA).	10
Tabela 2. Amplitude do tamanho de fêmeas e machos do <i>Hemigrammus marginatus</i> em suas respectivas áreas. (CA – Caatinga; ECO – Ecótono; MA – Mata Atlântica; M – Média; DP – Desvio Padrão; CT – Comprimento Total; *Valores máximos e mínimos).	15

RESUMO

Hemigrammus marginatus está incluída na família Characidae e é uma das espécies mais abundantes e importantes nas margens do Baixo rio São Francisco por apresentar grande importância nos processos ecológicos. No Baixo rio São Francisco abrange dois biomas Caatinga e Mata Atlântica e um Ecótono. Essas áreas vêm sofrendo diferentes impactos antrópicos, que incluem a construções de barragens e poluição, provocando redução nas populações de algumas espécies de peixes. Estes impactos podem afetar o desenvolvimento morfológico e fisiológico das espécies mais vulneráveis, alterando principalmente o tamanho e forma do corpo. A morfometria geométrica é um dos métodos mais eficientes para analisar modificações morfológicas associadas a adaptações ecológicas. Considerando que alterações ambientais podem influenciar a morfologia das espécies, esse estudo teve como objetivo verificar as diferenças fenotípicas nos grupos de *Hemigrammus marginatus* distribuídos em sete pontos na Caatinga, Ecótono e Mata Atlântica do Baixo rio São Francisco. Os espécimes foram coletados em janeiro de 2015 e destes foram selecionados 30 exemplares sexualmente maduros (15 machos e 15 fêmeas) por ponto, totalizando 210 espécimes. Devido às distintas características ambientais das três áreas, o índice de similaridade de Bray-Curtis foi testado no programa Primer considerando sete pontos amostrados e 11 características ambientais. Métodos de morfometria geométrica foram aplicados para avaliar as variações na forma do corpo entre os grupos de *H. marginatus*. Foram inseridos 13 marcos anatômicos no programa TpsDig, analisados no software MorphoJ e verificados no programa Past. A análise de similaridade entre os pontos separou dois agrupamentos. O primeiro incluiu a maioria dos pontos da Caatinga e o segundo os pontos de diferentes áreas, evidenciando que as características ambientais apresentadas pelos pontos são independentes destes se encontrarem na Caatinga, Ecótono ou Mata Atlântica. As análises das variáveis canônicas dos atributos morfométricos de fêmeas ($p = 0,469$) e machos ($p = 0,718$) de *H. marginatus* não foram significativas para ambos os sexos. A descaracterização ambiental observada nos biomas e ecótono, contribui para a ausência de diferenças fenotípicas em *H. marginatus*, que também pode ser explicada devido as características conservativas e ao longo período de especiação da família Characidae. Da mesma forma, a análise de dimorfismo sexual secundário entre os sexos não foi significativa ($p > 0,05$). Estudos morfométricos são fundamentais para avaliar o reflexo dos diversos impactos ambientais na morfologia dos peixes, uma vez que estas alterações podem causar mudanças na forma do corpo, principalmente nas espécies mais vulneráveis.

Palavras-Chave: Morfometria geométrica, filogenia, dimorfismo sexual, Caatinga e Mata Atlântica.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os grupos zoológicos, os peixes são considerados o maior grupo de vertebrados existente (Nelson, 2016) e aquele com maior sucesso adaptativo nos ecossistemas aquáticos (Lewinsohn & Prado, 2005, Nelson *et al.*, 2016). Atualmente, existem aproximadamente 34.500 espécies descritas (Eschmeyer & Fong, 2018) e a maior riqueza de peixes de água doce concentra-se na região Neotropical com 5.700 espécies (Albert & Reis, 2011; Eschmeyer & Fong, 2018). Essa região possui condições e recursos ambientais únicos que favorecem essa alta diversidade, apesar desta encontrar-se subestimada, pois muitas espécies ainda estão em processo formal de descrição ou mesmo são desconhecidas para a ciência (Wallace, 1876; Abell *et al.*, 2008; Albert & Reis, 2011).

A ordem Characiformes é uma das mais representativas com aproximadamente 3.600 espécies de peixes (Eschmeyer & Fong, 2018). São reconhecidas 23 famílias e 30 subfamílias, sendo a família Characidae a maior com 1.156 espécies válidas (Eschmeyer & Fong, 2018) distribuídas do sul dos Estados Unidos até a Patagônia (Argentina). Essa grande diversidade e variedade de formas exibida por Characidae dificulta uma melhor avaliação filogenética baseada apenas em caracteres morfológicos mais tradicionais. Um dos maiores obstáculos refere-se à morfologia conservativa da família, apesar de Characidae apresentar um longo período de evolução, com fósseis morfologicamente modernos conhecidos de depósitos do Eoceno-Oligoceno (Weiss *et al.*, 2012; Thomaz *et al.*, 2015).

O Clado *Hemigrammus sensu* Miranda (2009) incluído em Characidae possui 12 gêneros dos quais *Hasemania*, *Hyphessobrycon*, *Moenkhausia* e *Hemigrammus* são encontrados no Baixo rio São Francisco (Bartolette, *obs. pess.*). Estas espécies exibem pequeno porte, ciclo de vida curto e hábito generalista que possibilita a ocupação de diversos nichos, facilitando sua captura em coletas marginais (Brandão-Gonçalves *et al.*, 2010; Bartolette, 2012). A espécie alvo desse estudo *Hemigrammus marginatus* Ellis 1911 (Figura 1), é uma das mais abundantes nas margens do Baixo rio São Francisco e apresenta grande importância nos processos ecológicos, pois disponibilizam a energia dos níveis tróficos mais basais para os predadores de níveis tróficos superiores (Gomes & Verani, 2003; Suarez *et al.*, 2007).



Figura 1. Exemplar de *Hemigrammus marginatus* Ellis 1911.

A bacia do rio São Francisco é a terceira maior do país e uma das mais importantes, principalmente para o nordeste brasileiro, apresentando áreas de endemismo para muitas espécies (Britski *et al.*, 1984; Lévêque *et al.*, 2008; Abell *et al.*, 2008). O Baixo rio São Francisco abrange dois grandes biomas Caatinga e Mata Atlântica (Godinho & Godinho, 2003). Nas últimas décadas, esses biomas vêm sofrendo com impactos antrópicos como construções de barragens, destruição de habitats, introdução de espécies não nativas, poluição e sobrepesca, acarretando na redução das populações de algumas espécies de peixes (Pompeu & Godinho, 2006; De Almeida, 2016; Brito & Magalhães, 2017; MMA, 2017). Apesar disso, os ecossistemas aquáticos da Mata Atlântica possuem uma fauna de peixes rica e diversa, intimamente associada à vegetação de entorno que proporciona proteção e alimento (Menezes *et al.*, 1990; Menezes *et al.*, 2007; Abilhoa *et al.*, 2011). Já a Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro e possuem índices ambientais extremos, com alta radiação solar e temperatura, baixas taxas de umidade relativa e precipitação (Marengo *et al.*, 2011; Montenegro & Montenegro, 2012).

Os impactos supracitados nesses ambientes podem afetar o desenvolvimento morfológico e fisiológico das espécies de peixes mais vulneráveis, alterando principalmente a forma do corpo, o desempenho funcional e locomotivo (Lindsey, 1978; Motta & Wilga, 1995; Wainwright *et al.*, 2002; Breda *et al.*, 2005). Nas espécies de pequeno porte, o desempenho da natação depende de um conjunto de características morfológicas importantes, como as nadadeiras e corpo hidrodinâmico (Lighthill, 1969), principalmente nas espécies que estão sob influência das correntes d'água (Webb & Weihs, 1986; Ohlberger *et al.*, 2006).

O estudo morfométrico é um dos meios mais eficientes para obtenção de informações relacionadas a essas modificações na forma do corpo. A morfometria é o estudo da forma e sua relação com o tamanho das espécies (Peres-Neto, 1995) e essas variações morfológicas

podem refletir suas adaptações ecológicas (Moraes, 2003). Esses estudos servem como base, por exemplo, para mensurar as diferenças intraespecíficas ou interespecíficas existentes, ou quando a forma e o tamanho de determinado organismo são explicados por aspectos como alimentação, uso de micro-habitat, pressão seletiva, competição e predação (Peres-Neto, 1995).

A maioria dos estudos morfométricos utiliza duas abordagens, a tradicional e a geométrica. A morfometria tradicional utiliza um conjunto de caracteres que consiste em medidas corporais como alturas, larguras e ângulos mensurados com o auxílio de um paquímetro digital ou manual. Porém, esses dados não incorporam informações sobre a relação original entre as coordenadas corporais estudadas, gerando a perda de informações biológicas (Monteiro & Reis, 1999). Inicialmente, a morfometria geométrica baseava-se na geometria de uma configuração de marcos anatômicos em um espaço multivariado (Bookstein, 1991). Com o avanço desse estudo, uma série de programas computacionais foi desenvolvido para a realização de análises geométricas, o que facilitou a popularização da técnica (Rohlf & Marcus, 1993; Bookstein, 1997; Monteiro & Reis, 1999). A morfometria geométrica utiliza duas fontes de informações: localização geométrica e homologia biológica (Bookstein, 1982). Sua prática consiste na extração de informações a partir da geometria da forma biológica para propósitos comparativos, e suas questões são examinadas através de análises multivariadas (Bookstein, 1982; Klingenber, 2011).

Assim, considerando que alterações ambientais podem influenciar a morfologia das espécies, esse estudo teve como objetivo verificar as diferenças fenotípicas nos grupos de *H. marginatus* distribuídos nas diferentes áreas (Caatinga, Ecótono e Mata Atlântica) do Baixo rio São Francisco.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente estudo analisou as variações morfométricas encontradas nos grupos de *Hemigrammus marginatus* distribuído no Baixo rio São Francisco na Caatinga, Mata Atlântica e Ecótono.

2.1 Específico

- Testar a similaridade entre os pontos amostrados presentes nas três áreas (Caatinga, Ecótono, e Mata Atlântica);

- Verificar as diferenças na morfometria geométrica entre machos e fêmeas de *H. marginatus* distribuídos nos pontos amostrados do Baixo rio São Francisco;
- Analisar se existe dimorfismo sexual secundário associado à forma do corpo entre machos e fêmeas da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo e dados abióticos

A bacia do rio São Francisco é dividida em quatro trechos: Alto, Médio, Submédio e Baixo (CODEVASF, 2013). O Baixo São Francisco é o trecho mais curto com 274 km e se estende de Paulo Afonso até a foz com o Oceano Atlântico, dividindo os estados da Bahia, Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2013). No estado de Sergipe, sua extensão contempla fragmentos de Caatinga onde as condições climáticas são mais severas e Mata Atlântica na região costeira com clima mais ameno (CBHSF, 2013).

O presente estudo foi desenvolvido no Baixo rio São Francisco em sete pontos de coleta localizados a jusante da hidrelétrica de Xingó distribuídos nas áreas sob influência da Caatinga (CA= 04 pontos), Ecótono (ECO= 01 ponto) e Mata Atlântica (MA= 02 pontos), entre os municípios sergipanos de Canindé do São Francisco e Propriá (Tabela 1, Figura 2).

Tabela 1. Descrição dos pontos de coleta de acordo com o bioma, localidade, município e coordenadas geográficas do Baixo rio São Francisco, Sergipe, Brasil. Caatinga (CA); Ecótono (ECO); Mata Atlântica (MA).

Bioma (Área)	Ponto Amostrado	Municípios	Coordenadas Geográficas	
CA	UHE Xingó	Canindé	09° 37'49.2''S	37° 45'31.6''W
CA	Curralinho	Poço Redondo	09° 43'15.7''S	37° 36'17.4''W
CA	Niterói	Porto da Folha	09° 45'39.0''S	37° 25'59.6''W
CA	Ilha do ouro	Porto da folha	09° 53'31.0''S	37° 14'56.5''W
ECO	Gararu	Gararu	09° 57'52.9''S	37° 05'01.5''W
MA	Amparo	Amparo do São Francisco	10° 07'40.6''S	36° 55'27.5''W
MA	Propriá	Propriá	10° 12'33.8''S	36° 49'54.5''W

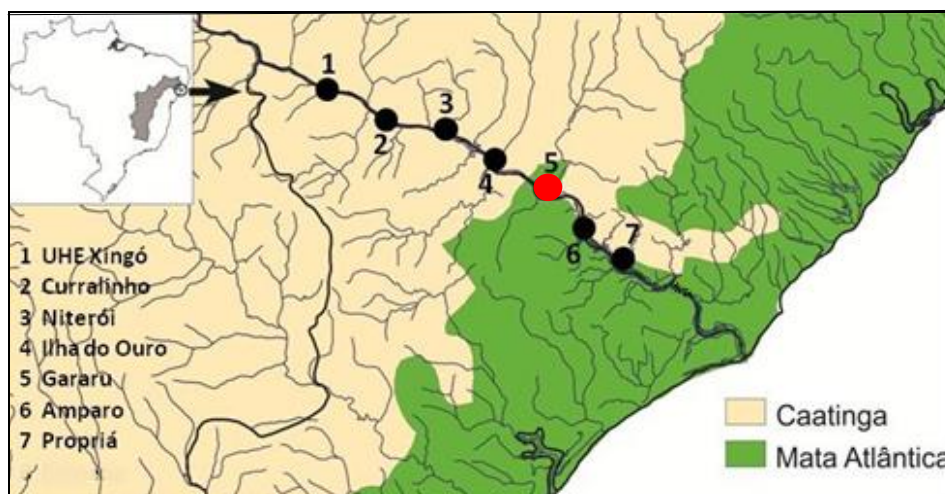


Figura 2. Mapa com indicação das localidades de coleta (pontos pretos) na Caatinga e Mata Atlântica, com destaque em vermelho a região do Ecotóno no Baixo rio São Francisco.

Devido às suas peculiaridades, as localidades foram caracterizadas adaptando-se o protocolo proposto por Nessimian *et al.*, (2008) que inclui 11 características ambientais (F) distribuídas em categorias (S): F1. Padrão de uso da terra além da mata ciliar (S= 6); F2. Largura da mata ciliar (S= 6); F3. Integridade da mata ciliar (S= 4); F4. Vegetação de Mata ciliar dentro de 10 m do canal (S= 4); F5. Dispositivos de retenção (S= 4); F6. Sedimentos do canal (S= 4); F7. Estrutura da margem (S= 5); F8. Fundo do Rio (S= 4); F9. Corredeiras, poças ou meandros (S= 4); F10. Vegetação aquática (S= 4); F11. Detritos (S= 5) (Anexo 1).

3.2 Coleta

Os espécimes foram coletados no mês de janeiro de 2015 nas margens do rio com rede de arrasto de 10 m (malha 5 mm), (Figura 3). Após a captura, os espécimes foram eutanasiados, fixados em formol 10% e posteriormente transferidos para álcool 70% (Uieda & Castro, 1999; Borsky & Hodson, 2003). O material coligido foi triado e identificado até o nível específico e os lotes foram catalogados e tombados na Coleção de Ictiologia da Universidade Federal de Sergipe (CIUFS).



Figura 3. Coleta de peixes no Baixo São Francisco utilizando arrasto manual.

3.3 Levantamento de dados reprodutivos

Foram selecionados e dissecados (incisão na região ventral) aproximadamente 100 exemplares de cada localidade para confirmação do sexo e fase reprodutiva. Para evitar ruídos nas análises de morfometria geométrica, somente foram selecionados 30 espécimes por localidade (15 machos e 15 fêmeas) que apresentavam gônadas macroscopicamente identificadas como maduras (Brown-Peterson *et al.*, (2011). Pois essa fase é a que expressa o máximo de caracteres dimórficos.

O reconhecimento da fase reprodutiva madura foi definido da seguinte forma: a) Fêmeas - ovários rígidos e alongados, estendendo-se desde o fígado até a abertura urogenital, ocupando aproximadamente metade da cavidade abdominal, bordas lobuladas ou arredondadas. Ovócitos grandes, vasos sanguíneos proeminentes, atresia, oócitos individuais e hidratados. e sem transparência, presenças de alguns ovócitos menores; b) Machos – testículos túrgidos, alongados e expandidos, ocupando aproximadamente 1/3 da cavidade abdominal.

Após esse procedimento, machos e fêmeas foram aferidos milimetricamente em relação ao comprimento padrão (CP) e comprimento total (CT) com auxílio de paquímetro digital.

3.4 Morfometria geométrica

Os espécimes foram fotografados do lado esquerdo com auxílio de uma câmera digital Panasonic Lumix DMC-TS2 (14 Mb de resolução e zoom de 2x), sob papel milimetrado para observar possíveis distorções e deformações no campo fotográfico. Os dados morfométricos

foram obtidos utilizando o sistema de medidas geométricas através de duas fontes de informações: localização geométrica e homologia biológica, examinadas através de análises multivariadas (Bookstein, 1982; Klingenber, 2011).

As fotos foram padronizadas ao máximo para evitar ou reduzir a introdução de variações não oriundas dos processos biológicos que estão sendo investigados. Evitou-se modificar a câmera de posição após ser calibrada, sendo os ajustes apenas no objeto (Figura 4).

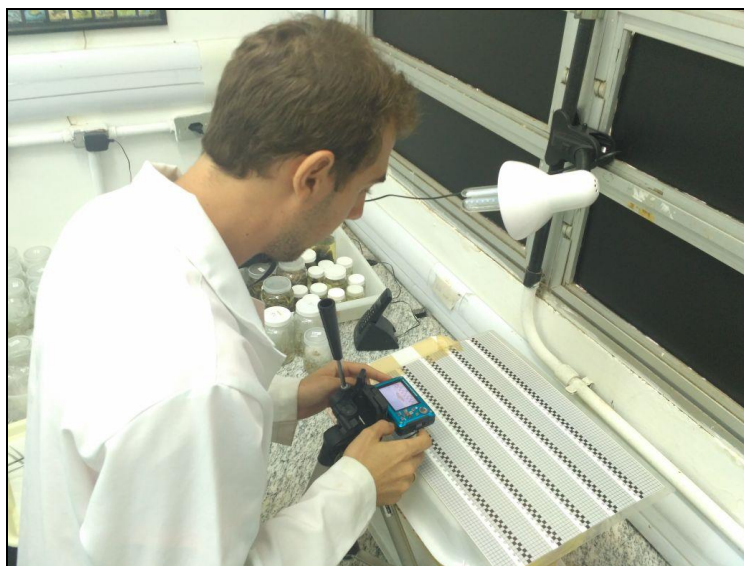


Figura 4. Local e estrutura onde as imagens foram registradas.

Inicialmente utilizou-se o programa TpsUtil para organizar todas as imagens e transformá-las do formato JPEG (Joint Photographic Experts Group) para TPS (Thin plate spline). Esse passo foi necessário para o software TpsDig2 (versão 1.4) reconhecer as imagens e possibilitar a marcação das coordenadas dos marcos anatômicos (Rohlf 2017). Em cada espécime foram feitos 13 marcos anatômicos homólogos pré-determinados seguindo Lazzarotto *et al.*, (2017) (Figura 5) que foram analisados no software TpsRelw32 (versão 1.53), para verificar se todas as imagens continham o mesmo número de marcos anatômicos.

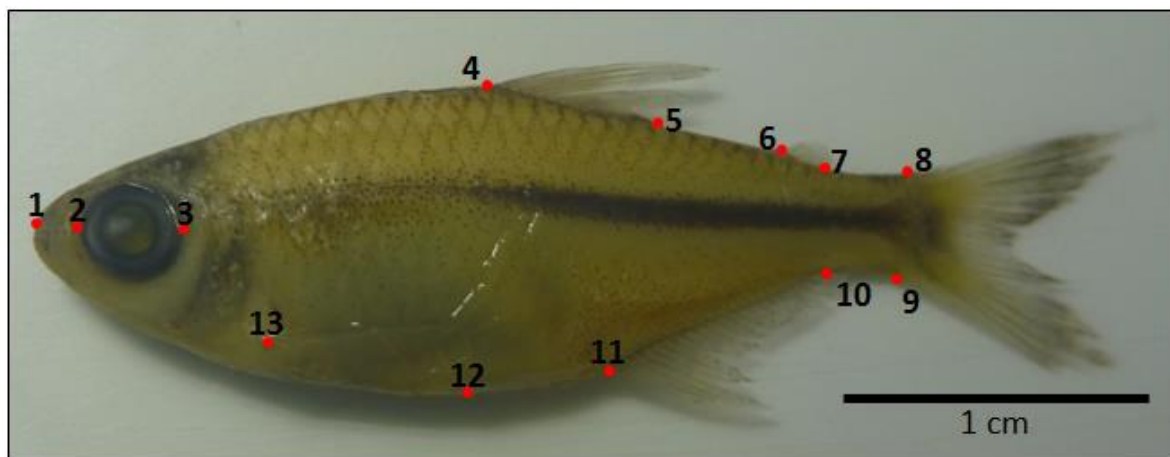


Figura 5. Distribuição dos 13 marcos anatômicos homólogos ao longo do corpo de *Hemigrammus marginatus*.

O tamanho dos centroides dos dados morfométricos foram utilizados como medida da distância morfométrica em todas as análises. No MorphoJ versão 1.05 (Klingenberg, 2011) foi realizado um ajuste generalizado de Procrustes, para obter um consenso na configuração média. Após estes ajustes, as configurações finais das espécies alinhadas constituíram um grupo de variáveis que se refere somente a forma de cada espécime, removendo o efeito do tamanho do peixe.

3.5 Análise de dados

A partir das 11 características ambientais foi calculado o índice de similaridade de Bray-Curtis entre os pontos amostrados com o programa Primer.

No MorphoJ foi realizada uma análise de discriminantes canônicos para evidenciar graficamente a separação dos grupos (ponto amostrados e sexos). No Past (versão 3.18), as diferenças na forma e tamanho do corpo de machos e fêmeas entre os pontos amostrados e entre os sexos (dimorfismo sexual) foram testadas usando análises de variáveis canônicas associado com uma análise multivariada de variância (one-way, ANOVA). Em seguida foi aplicado o teste de Tukey para determinar possíveis diferença entre os pontos. O nível de significância em todos os testes foi ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram examinados ao todo 210 exemplares (105 machos e 105 fêmeas) de *H. marginatus*. A amplitude do comprimento total (CT) em fêmeas variou entre 29,25mm (CA) - 41,23mm (ECO) e machos 25,58mm (CA) - 39,51mm (CA) (Tabela 2). As fêmeas de *H.*

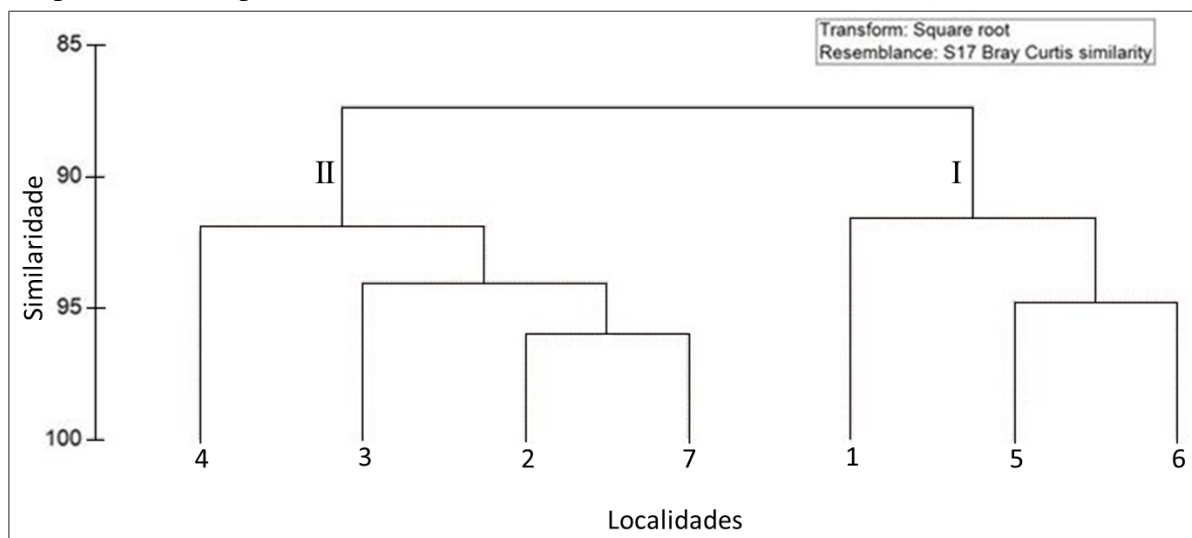
marginatus foram maiores que os machos nas três áreas. O mesmo foi observado por Anjos *et al.*, (2017) para *Hemigrammus bleheri* Géry & Mahnert 1986 e por Carvalho (2001), para outras espécies de Characidae *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus 1758) e *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819). Segundo Lowe-McConnell (1999), o tamanho maior em fêmeas de Characiformes é vantajoso, uma vez que a fecundidade por desova aumenta exponencialmente com o comprimento, mas em machos não há evidências de que grandes tamanhos possam conferir vantagens competitivas ou reprodutivas.

Tabela 2. Amplitude do tamanho de fêmeas e machos do *Hemigrammus marginatus* em suas respectivas áreas. (CA – Caatinga; ECO – Ecótono; MA – Mata Atlântica; M – Média; DP – Desvio Padrão; CT – Comprimento Total; *Valores máximos e mínimos).

Bioma (Área)	Fêmeas		Machos	
	Min - Max (mm)	Média ± DP	Min - Max (mm)	Média ± DP
CA	29,25* - 38,06	33,61 ± 2,20	25,58* - 39,51*	30,88 ± 3,20
ECO	30,34 - 41,23*	35,23 ± 2,77	30,54 - 35,38	33,33 ± 1,76
MA	30,30 - 38,09	33,83 ± 2,06	26,36 - 34,33	30,82 ± 2,22

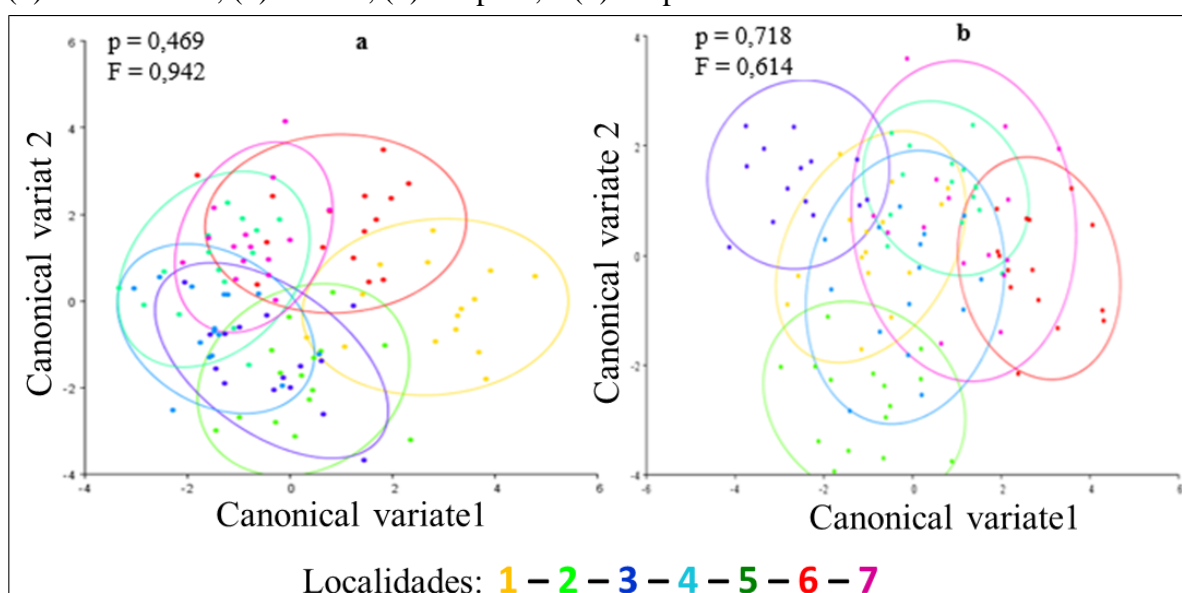
A análise de similaridade de Bray-Curtis entre os pontos amostrados evidenciou dois agrupamentos. O primeiro reuniu a maioria dos pontos da Caatinga (Ilha do Ouro, Niterói e Curralinho), e Propriá que é uma localidade da Mata Atlântica. Já o segundo agrupamento reuniu pontos de diferentes áreas como UHE Xingó (CA), Gararu (ECO) e Amparo (MA) que apesar de serem localidades diferentes e fitofisionomias distintas o agrupamento mostrou maiores semelhança entre eles (Figura 6). Esse resultado evidenciou que as características ambientais apresentadas pelos pontos são independentes do bioma no qual elas estão inseridas. Um dos motivos que explica tal fato seriam os impactos ambientais na região oriundos de ações antrópicas como construções de barragens e urbanização desordenada, que tem levado a descaracterização do ambiente (Silva & Lopes, 2003). Apesar disso, foi observado durante as coletas que os pontos da Caatinga encontram-se com mais sinais de preservação em relação à Mata Atlântica, onde o crescimento urbano desordenado tem contribuído com a degradação ambiental do rio São Francisco. Por outro lado, nos pontos da Caatinga o rio sofre muito mais com o impacto causado pela modificação na hidrodinâmica natural decorrente da proximidade da UHE Xingó.

Figura 6. Análise de cluster incluindo sete pontos amostrados e 11 características ambientais. Localidades: (1) UHE – Xingó; (2) Currálinho; (3) Niterói; (4) Ilha do Ouro; (5) Gararu; (6) Amparo; e (7) Propriá.



As análises das variáveis canônicas dos atributos morfométricos de fêmeas ($p = 0,469$) e machos ($p = 0,718$) de *H. marginatus* não mostraram diferenças significativas para ambos os sexos entre os pontos amostrados do Baixo São Francisco, mesmo estes estando inseridas em diferentes biomas e ecótono (Figura 7).

Figura 7. Agrupamento de fêmeas (a) e machos (b) de *Hemigrammus marginatus* por ponto de coleta no Baixo São Francisco de acordo com os eixos cartesianos estabelecidos pelas variáveis canônicas (CV1, CV2). Localidades: (1) UHE – Xingó; (2) Currálinho; (3) Niterói; (4) Ilha do Ouro; (5) Gararu; (6) Amparo; e (7) Propriá.



A descaracterização ambiental observada nos pontos corrobora os resultados encontrados, pois a ausência de diferenças fenotípicas entre os grupos de *Hemigrammus* pode

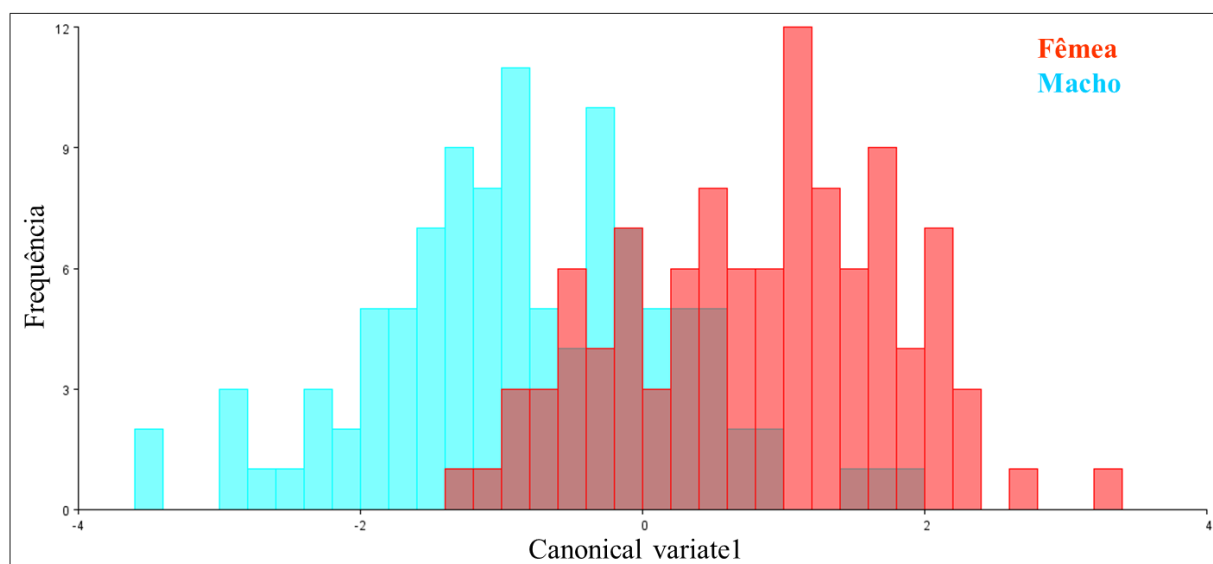
ser reflexo da alteração encontrada nos biomas e ecótono do Baixo São Francisco. Por isso, os diferentes impactos ambientais sofridos e as peculiaridades fisiogeográficas exibidas por estas áreas (CA, ECO e MA) poderiam levar a modificações morfológicas na espécie como uma resposta adaptativa a essas mudanças do ambiente. Principalmente se consideramos que o princípio básico da ecomorfologia prediz que as espécies apresentam diferenças morfológicas intra ou interespecífica provocadas pelas diferentes pressões seletivas do meio (Langerhans *et al.*, 2003; Casatti & Castro, 2006). Desta forma, a morfologia das espécies deve refletir seus hábitos e adaptações aos aspectos ecológicos do ambiente (Winemiller, 1991).

Trabalhos ecomorfológicos realizados nas últimas duas décadas com peixes apresentaram resultados contrastantes entre si. Enquanto alguns autores encontraram relações consistentes entre morfologia e ecologia (*e.g.* Wikramanayake, 1990; Winemiller *et al.*, 1995), outros observaram apenas fraca correlação Douglas & Matthews (1992), ou mesmo ausência de relação entre forma e ecologia das espécies Felley (1984). Quando presentes, as variações morfológicas encontradas nessas populações provavelmente são reflexo da plasticidade fenotípica ou adaptação local, decorrente de um produto de pressões divergentes de seleção ecológica entre sub-bacias. Em *Hemigrammus marginatus*, a ausência de diferenças fenotípicas pode ter como principal motivo a morfologia conservativa das espécies incluídas na família Characidae (Weiss *et al.*, 2012), que por essa razão permanece até os dias atuais com seu status taxonômico e filogenético ainda mal definidos segundo Thomaz *et al.*, (2015).

A análise de dimorfismo sexual secundário entre os sexos não foi significativa ($p = 0,719$) (Figura 8), corroborando Lazzarotto *et al.*, (2017) que não encontrou dimorfismo sexual para a *Hemigrammus coeruleus* Durbin 1908. De outra forma, Santos *et al.*, (2017) registraram dimorfismo sexual secundário para *H. marginatus* do Baixo rio São Francisco, associado ao aumento da cavidade celomática para acomodar a grande quantidade de ovócitos maduros. Vale ressaltar que nossas análises foram referentes aos espécimes coletados em janeiro (verão), e que os espécimes analisados por Santos *et al.*, (2017) foram referentes ao período mais chuvoso da região (junho). Tal fato pode ter estimulado o aumento reprodutivo da espécie. Consequentemente o desenvolvimento de caracteres sexuais secundários associados ao aumento da forma do corpo das fêmeas, provocado pelo aumento da cavidade celômica, para armazenar uma maior quantidade de ovócitos maduros. Ao longo do processo reprodutivo, a ação hormonal desencadeia mudanças morfológicas no tecido gonadal

Connaughton & Ainda, 1999) e em algumas espécies são responsáveis pela manifestação de características sexuais secundárias possibilitando um alto grau de dimorfismo sexual.

Figura 8. Análise de função discriminante (DFA) quanto à forma de fêmeas (vermelho) e machos (azul) de *Hemigrammus marginatus* para evidenciar dimorfismo sexual.



5. CONCLUSÃO

Estudos morfométricos e de dimorfismo sexual secundário em espécies de Characidae são fundamentais para avaliar o reflexo dos impactos ambientais em diferentes regiões do Brasil, uma vez que estas alterações ambientais podem causar mudanças na forma do corpo das espécies de peixes mais vulneráveis. A ausência de mudanças fenotípicas se deve ao longo período de especiação e as características conservativas de Characidae.

Além disso, para avaliar melhor o caractere de dimorfismo sexual secundário seria interessante realizar estudos com *Hemigrammus marginatus* compreendendo um período sazonal completo (seca e chuva) da espécie em diferentes regiões e fitofisionomias da bacia e inclusive de outras bacias hidrográficas.

6. REFERÊNCIAS

- ABELL, R., THIEME, M. L., REVENGA, C., BRYER, M., KOTTELAT, M., BOGUTSKAYA, N., COAD, B.; MANDRAK, NICK.; BALDERAS, S. C.; BUSSING, W.; STIASSNY, M. L. J.; SKELTON, P.; ALLEN, G. R.; UNMACK, P.; NASEKA, A.; NG, R.; SINDORF, N.; ROBERTSON, J.; ARMIJO, E.; HIGGINS, J. V.; HEIBEL, T. J.; WIKRAMANAYAKE, E.; OLSON, D.; LÓPEZ, H. L.; REIS, R. E.; LUNDBERG, J. G.; PÉREZ, M. H. S.; & PETRY, P. (2008). Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5), 403-414.
- ABILHOA, V.; BRAGA, R. R.; BORNATOWSKI, H.; & VITULE J. R. S. 2011. Fishes of the Atlantic Rain Forest Streams: Ecological Patterns and Conservation. In: Grillo O, Venora G (org) *Changing Diversity in Changing Environment*. Rijeka, *Intech*, pp. 259-282.
- ALBERT, J. S. & REIS, R. E. 2011. Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. London: University of California Press. 408 pp.
- ANJOS, H. D. B. D.; YAMAMOTO, K. C.; & MAGALHÃES, E. R. S. 2017. Reproductive biology and feeding habits of *Hemigrammus bleheri* (Characiformes: Characidae) an ornamental fish the middle Negro River Basin, Amazonas State, Brazil. *B. Inst. Pesca*, 65-77.
- BARTOLETTE, R. 2012. Análise dos caracteres de dimorfismo sexual primário e secundário de gêneros do "clado a" (Characidae: Characiformes: Ostariophysi) sensu Malabarba & Weitzman, 2003. *Tese de doutorado, Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil*, 135p.
- BOOKSTEIN, F. L. 1982. Foundations of morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 13, n. 1, p. 451-470.
- BOOKSTEIN, F. L. 1991. Morphometric tools for landmark data. *Geometry and Biology*. Cambridge University Press: New York.
- BOOKSTEIN, F. L. 1997. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press.
- BORSKI, R. J. & R. G. HODSON. 2003. Fish research and the institutional animal care and use committee. *Institute for Laboratory Animal Research*, 44 (4): 286-294.

BRANDÃO-GONÇALVES, L.; OLIVEIRA, S. A.; & LIMA-JUNIOR, S. E. 2010. Hábitos alimentares da ictiofauna do córrego Franco, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 2.

BREDA, L., OLIVEIRA, E. F.; & GOULART, E. 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Sci. Biol. Sci.* 27(4):371-381.

BRITO, M. F. G., & MAGALHÃES, A. L. B. 2017. Brazil's development turns river into sea. *Science*, 358(6360), 179-179.

BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; & ROSA, A. B. 1984. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco. In Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. *Câmara dos Deputados/CODEVASF*, p. 143.

BROWN-PETERSON, N. J., WYANSKI, D. M., SABORIDO-REY, F., MACEWICZ, B. J., & LOWERRE-BARBIERI, S. K. (2011). A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 52-70.

CARVALHO, P. A. 2001. Determinação de parâmetros reprodutivos visando à normalização da pesca de *Astianax fasciatus* (Pisces: Characidae) no reservatório de Furnas, Minas Gerais. 61f. Dissertação (Mestrado em Zoologia de Vertebrados) Pontifícia Universidade Católica-PUC-MG, Minas Gerais.

CASATTI, L. & CASTRO, R. M. C. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 4(2):203-214.

CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. 2013. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/>>. Acesso em: 02 de março de 2018.

CODEVASF - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/>>. Acesso em: 02 de março de 2018.

CONNAUGHTON, M. A. & AIDA, K. 1999. Female reproductive system. Fish. In: Knobil, E. & Neil, J. D. (org.). *Encyclopedia of Reproduction*. Academic Press. Vol. (2): 193-204.

DE ALMEIDA, D. S. 2016. Recuperação ambiental da mata atlântica. *SciELO-Editus-Editora da UESC*.

DOUGLAS, M. E. & MATTHEWS, W. J. 1992. Does morphology predicts ecology? Hypothesis testing within a fish assemblage. *Oikos* 65:213-224.

ESCHMEYER, W. N., & FONG, J. D. Species by family/subfamily. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/Species.ByFamily.asp>). Electronic version accessed: 01/03/2018.

FELLEY, J. D. 1984. Multivariate identification of morphological - environmental relationships within the Cyprinidae (Pisces). *Copeia* (2):442-455.

GODINHO, A. L., & GODINHO, H. P. 2003. Breve visão do São Francisco. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: *PUC Minas*, 468, 15-23.

GOMES, J. H. C & J. R. VERANI. 2003. Alimentação de espécies de peixes no reservatório de Três Marias, p. 195-227. *In*: H.P. GODINHO & A. L. GODINHO (Eds). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, CNPq/PADCT, *Editora PUC Minas*, 468p.

KLINGENBERG, C. P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular ecology resources*, v. 11, n. 2, p. 353-357.

LANGERHANS, R.B. et al. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biol. J. Linn. Soc., London*, v. 80, p. 689-698, 2003.

LAZZAROTTO, H.; BARROS, T.; LOUVISE, J.; & CARAMASCHI, É. P. 2017. Morphological variation among populations of *Hemigrammus coeruleus* (Characiformes: Characidae) in a Negro River tributary, Brazilian Amazon. *Neotropical Ichthyology*, 15(1).

LEVÊQUE, C.; OBERDORFF, T.; PAUGY, D.; STIASSNY, M. L. J.; & TEDESCO, P. A. 2008. Global diversity of fish (Pisces) in fresh water. In *Freshwater animal diversity assessment. Springer Netherlands*, p. 545-567.

LEWINSOHN, T. M. & PRADO, P. I. 2005. Quantas espécies há no Brasil? *Megadiversidade*, Belo Horizonte, (1): 36-42.

- LIGHTHILL, J. 1969. Hydrodynamics of aquatic animal propulsion-a survey. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 1:413-446.
- LINDSEY, C. C. Form, function, and locomotory habits in fish. 1978. In: HOAR, W.S.; RANDALL, D.J. Fish physiology. New York: *Academic Press*, cap. 7, p. 1-88.
- LOWE-MACCONNELL, R. H. 1999. Estudo ecológico de comunidade de peixes tropicais. São Paulo, EDUSP, 534p.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; & LACERDA, F. F. 2011. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: SILVA et al. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas Campina Grande, PB: INSA, 470p.
- MENEZES N. A., WEITZMAN S. H., OYAKAWA O. T., LIMA F. C. T., CASTRO R. M. C., WEITZMAN M. J. 2007. Peixes de água doce da Mata Atlântica: lista preliminar das espécies de água doce neotropicais. São Paulo: *Museu de Zoologia – Universidade de São Paulo*.
- MENEZES N. A.; CASTRO R. M. C.; WEITZMAN S. H.; & WEITZMAN M. J. 1990. Peixes de riacho da floresta costeira atlântica brasileira: um conjunto pouco conhecido. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo. São Paulo, *Academia de Ciências do Estado de São Paulo*, v. 1. pp. 290-295.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Subsídios para a elaboração do plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Caatinga. 2017. Brasília: MMA, 128 p.
- MONTEIRO, LEANDRO RABELLO; REIS, SÉRGIO FURTADO DOS. 1999. Princípios de morfometria geométrica. Holos.
- MONTENEGRO, A. A. A. & MONTENEGRO, S. M. G. L. 2012. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: MONTENEGRO, A. A. A et al. Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. 1.ed. Campina Grande: INSA, Cruz das Almas: UFRB, 258 p.
- MORAES, D. A. 2003. A morfometria geométrica e a “Revolução na Morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. São Paulo: USP. Departamento de Biologia- Instituto de Biociências, Boletim, Ano III, n. 3.

- MOTTA, P. J. & WILGA, C.A.D. 1995. Anatomy of the feeding apparatus of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *J. Morphol.* 226(33):309-329.
- NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; & WILSON, M. K. V. H. 2016. Fishes of the World. 5ed. *John Wiley & Sons*.
- NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E.; ZUANON, J.; DE MARCO, P. J. R.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J. D.; & JUAN, L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614: 117-131.
- OHLBERGER, J., STAAKS, G. & HÖLKER, F. 2006. Swimming efficiency and the influence of morphology on swimming costs in fishes. *J. Comp. Physiol. B.* 176:17-25. PMID:16177894.
- PERES-NETO, P. R. 1995. Introdução a análises morfométricas. *Oecologia Brasiliensis*, 2(1), 57-89.
- POMPEU, P. D. S., & GODINHO, H. P. 2006. Effects of extended absence of flooding on the fish assemblages of three floodplain lagoons in the middle São Francisco River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4(4), 427-433.
- ROHLF F.J. 2017. tpsDig. Department of Ecology and Evolution. State University of New York.
- ROHLF, F. JAMES; MARCUS, LESLIE F. 1993. A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 8, n. 4, p. 129-132.
- SANTOS, J. F. L., NASCIMENTO, B. O., BARTOLETTE, RENATA, CARVALHO, F. R., OLIVEIRA, C. L. C., BRITO, M. F. G. 2017. Dimorfismo sexual secundário em *Hemigrammus marginatus* (Characiformes: Characidae). In: XXII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 2017, Porto Seguro. XXII Encontro Brasileiro de Ictiologia.
- SILVA, TÂNIA ELIAS MAGNO DA & LOPES, ELIANO SÉRGIO AZEVEDO. 2003. Estudo Diagnóstico das condições Sócio-Ambientais dos Perímetros Irrigados Própria, Cotinguiba-Pindoba e Betume no Baixo São Francisco. Universidade Federal de Sergipe. Mestrado em Sociologia.

- SÚAREZ, Y. R., VALÉRIO, S. B., TONDATO, K. K., XIMENES, L. Q. L., & FELIPE, T. R. A. 2007. Determinantes ambientais da ocorrência de espécies de peixes em riachos de cabeceira da bacia do rio Ivinhema, alto rio Paraná. DOI: 10.4025/ actascibiolsci. V 29i2. 520. *Acta Scientiarum. Biologica lSciences*, 29(2), 145-150.
- THOMAZ, A. T., ARCILA, D., ORTÍ, G., & MALABARBA, L. R. 2015. Molecular phylogeny of the subfamily Stevardiinae Gill, 1858 (Characiformes: Characidae): classification and the evolution of reproductive traits. *BMC evolutionary biology*, 15(1), 146.
- UIEDA, V. S. & CASTRO, R. M. C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. *Ecologia de peixes de riachos*, v. 6.
- WAINWRIGHT, P.C., BELLWOOD, D.R. & WESTNEAT, M.W. 2002. Ecomorphology of locomotion in labrid fishes. *Envir. Biol. Fishes*. 65:47- 62.
- WALLACE, A. R. 1876. The Geographical Distribution of Animals: With a Study of the Relations of Living and Extinct Faunas as Elucidating the Past Changes of the Earth's Surface: In Two Volumes.
- WEBB, P. W., & WEIHS, D. 1986. Functional locomotor morphology of early life history stages of fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 115:115-127.
- WEISS, F. E., MALABARBA, L. R., & MALABARBA, M. C. 2012. Phylogenetic relationships of Paleotetra, a new characiform fish (Ostariophysi) with two new species from the Eocene-Oligocene of south-eastern Brazil. *Journal of Systematic Palaeontology*, 10(1), 73-86.
- WIKRAMANAYAKE, E.D. 1990. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. *Ecology* 71(5):1756-1764.
- WINEMILLER, K. O. 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs*, 61(4), 343-365.
- WINEMILLER, K.O., KELSO-WINEMILLER, L.C. & BRENKERT, A.L. 1995. Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes. *Env. Biol. Fish.* 44(1-2):235-261.

ANEXO 1

Protocolo ambiental adaptado proposto por Nessimian et al. (2008) com 11 características ambientais (F) distribuídas em categorias (S).

(F)		Condição	(S)
F1	Padrão de uso da terra além da mata ciliar	Arbustivo/Arbórea nativa >5 Há	6
		Floresta secundária Cecropia / Floresta secundária mista	5
		Floresta secundária Vismia	4
		Pasto	3
		Culturas perenes/herbáceo/Ruderal (spp.)	2
		Culturas de ciclo curto / solo exposto/spp. exóticas	1
F2	Largura da mata ciliar	Mata contínua	6
		Largura da mata entre 10/15 (m)	5
		Largura da mata entre 5/10 (m)	4
		Largura da mata entre 1 e 5 m	3
		Mata Ciliar ausente, mas com algumas espécies arbustivas e árvores pioneiras	2
		Mata ciliar e vegetação arbustiva ausente	1
F3	Integralidade da Mata ciliar	Mata ciliar intacta, sem espaços na vegetação	4
		Espaços ocorrendo em intervalos menores <1 m	3
		Espaços frequentes com barrancos e cicatrizes a cada 1 m	2
		Profundamente marcado, com barrancos ao longo do seu comprimento >1 m	1
F4	Vegetação de Mata ciliar. Zona dentro de 10 m do canal	Mais de 90% da densidade de árvores não pioneiras ou arbustos	4
		Espécies pioneiras mistas e árvores maduras	3
		Gramíneas mistas e árvores pioneiras esparsas e arbustos	2
		Gramíneas e poucos arbustos	1
F5	Dispositivos de retenção	Canal com pedras e /ou árvores e arbustos firmemente fixado no local	4
		Arbustos e/ou subarbustos, mas aterrados com o sedimento	3
		Dispositivos de retenção solto, movendo-se com as cheias	2
		Canal de areia solta com poucas obstruções	1
F6	Sedimentos do canal	Pouco ou nenhum alargamento do canal resultante da acumulação de sedimentos	4
		Algumas barras de cascalho de pedras grossas e pouco lodo	3
		Barras de sedimentos de rochas, areia e lodo comum	2

		Canal dividido em tranças ou fluxo do canal correto	1
F7	Estrutura da margem	Bancos imperceptíveis	5
		Margem estável, com rochas e solo mantidos firmemente por gramíneas, arbustos ou raízes de árvores	4
		Margens firmes, mas levemente mantidos por gramíneas e arbustos	3
		Margem de lodo mantidos por uma camada esparsa de grama e arbustos	2
		Margem instável, facilmente afetados, com solo solto ou areia	1
F8	Fundo do Rio	Fundo de pedras de vários tamanhos em conjunto, interstícios óbvios	4
		Fundo de pedra movido facilmente, com pouco lodo	3
		Fundo do lodo, cascalho e areia, estável em alguns lugares	2
		Fundo uniforme de areia e lodo, fracamente reunidos, substrato rochoso ausente> água barrenta	1
F9	Corredeiras ou poças, ou meandros	Distinta, que ocorrem em intervalos de 5–7 vzs a largura do córrego	4
		Irregularmente espaçados / água semi-lótica	3
		Grandes poças separando corredeiras curtas, meandros ausentes	2
		Meandros e corredeiras / poças ausentes ou córregos exatos	1
F10	Vegetação aquática	Quando presente, consiste em musgo e pedaços de algas	4
		Algas dominantes nas poças, plantas vasculares ao longo da margem	3
		tapetes de algas presentes, algumas plantas vasculares, alguns musgos	2
		Tapetes de algas cobrindo o fundo, plantas vasculares dominando o canal	1
F11	Detritos	Consiste principalmente de folhas e madeira, sem sedimentos	5
		Consiste principalmente de folhas e madeira, com sedimentos	4
		Algumas folhas e madeira, restos orgânicos finos, com sedimentos	3
		Sem folhas, galhos e troncos, matéria orgânica fina e grossa, com sedimento	2
		Sedimentos anaeróbios finos, sem fragmentos mais grossos	1

